

Docket No.: 041-2077

PATENT

#3/PD
ms
4/2/01
JC815 U.S.P.T.O.
09/734716



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Koichiro MIZUSHIMA

Serial No. N/A

Filed: Herewith

: Group Art Unit: N/A

: Examiner: N/A

For: **METHOD AND APPARATUS FOR CONCURRENTLY ESTIMATING
RESPECTIVE DIRECTIONS OF A PLURALITY OF SOUND SOURCES AND
FOR MONITORING INDIVIDUAL SOUND LEVELS OF RESPECTIVE MOVING
SOUND SOURCES**

CLAIM OF PRIORITY

Assistant Commissioner For Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, applicant hereby claims the priority of:

Japanese Application 11-354182, filed December 14, 1999

cited in the Declaration of the present application.

A Certified Copy of the Priority Document is included herewith.

Respectfully submitted,


Israel Gopstein
Registration No. 27,333

1700 Diagonal Road, Suite 310
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1111
(703) 518-5499 Facsimile
Date: December 13, 2000
IG:s

日本特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

C815 S. PTO
09/734716



出願年月日
Date of Application:

1999年12月14日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第354182号

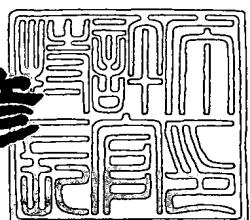
出願人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2000年 2月14日

特許長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3005763

【書類名】 特許願

【整理番号】 2908315593

【提出日】 平成11年12月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G08G 01/01

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号

松下通信工業株式会社内

【氏名】 水島 考一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082692

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵合 正博

【電話番号】 03(3519)2611

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013549

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004843

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 音源の方向推定方法および収音方法およびその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のマイクロホンの入力信号を時間窓を用いて周期的に切出し、それぞれの時間窓において複数の周波数について音源の方向推定値を算出する音源の方向推定方法。

【請求項 2】 これらの音源の方向推定値について、時間窓または周波数の少なくとも一方について平均化することを特徴とする請求項 1 記載の音源の方向推定方法。

【請求項 3】 音源の推定方向があらかじめ設定した範囲以外になる場合には、これらの音源の方向推定値を平均から除外する請求項 2 記載の音源の方向推定方法。

【請求項 4】 一定の観測時間内に所望の方向を音源が通過したかどうかを判定する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の音源の方向推定方法。

【請求項 5】 一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値のうち、所望の範囲内となる頻度を算出し、頻度が基準値を超えた場合に音源が所望の方向を通過したと判定する請求項 4 記載の音源の方向推定方法。

【請求項 6】 一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の平均値と分散を算出し、平均値が所望の範囲内であり、かつ分散が基準値以下の場合に音源が所望の方向を通過したと判定する請求項 4 記載の音源の方向推定方法。

【請求項 7】 請求項 4 から 6 のいずれかに記載の音源の方向推定方法を有し、前記複数のマイクロホンのうち 1 つ以上のマイクロホンからの入力信号を記録する収音方法。

【請求項 8】 音源の通過検出をトリガとして入力信号の記録を行う請求項 7 記載の収音方法。

【請求項 9】 音源の通過が検出された時刻前後の入力信号の記録を行う請求項 8 記載の収音方法。

【請求項 10】 一定の観測時間内に静止した音源があるかどうかを判定する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の音源の方向推定方法。

【請求項11】 一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の分散が基準値以下の場合に静止した音源があると判定する請求項10記載の音源の方向推定方法。

【請求項12】 一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の平均値が所望の範囲内にある場合のみ静止した音源があると判定する請求項11記載の音源の方向推定方法。

【請求項13】 音源の通過検出をトリガとして音源の移動方向を検出する請求項4から6のいずれかに記載の音源の方向推定方法。

【請求項14】 音源の通過検出の時刻以前の方向および通過検出の時刻以後の方向のいずれか、またはその両方を用いて音源の移動方向を検出する請求項13記載の音源の方向推定方法。

【請求項15】 一定の観測時間に算出された音源の方向推定値の平均値を用いて、音源の通過検出の時刻以前の方向または通過検出の時刻以後の方向を算出する請求項14記載の音源の方向推定方法。

【請求項16】 音源の通過検出をトリガとして音源の移動速度を検出する請求項4から6のいずれかに記載の音源の方向推定方法。

【請求項17】 あらかじめ設定した角度を音源が移動した時間長により音源の移動速度を算出する請求項16記載の音源の方向推定方法。

【請求項18】 あらかじめ設定した時間長に音源が移動した移動角度により音源の移動速度を算出する請求項16記載の音源の方向推定方法。

【請求項19】 請求項1から3のいずれかに記載の音源の方向推定方法により推定された音源の方向に向けて、指向性を持たせて前記音源の音を収集する収音方法。

【請求項20】 前記推定された音源の方向にマイクロホンアレイの指向性を向ける請求項19記載の収音方法。

【請求項21】 請求項4から6のいずれかに記載の方法による音源の通過検出をトリガとして、前記推定された音源の方向にマイクロホンアレイの指向性を向ける請求項20記載の収音方法。

【請求項22】 あらかじめ1つ以上の所望の方向に指向性を持つマイクロホ

ンアレイを構成しておき、請求項1から3のいずれかに記載の方法により推定された音源の方向もしくは音源の方向に最も近い方向に指向性を持つマイクロホンアレイを使用して前記音源の音を収集する請求項19記載の収音方法。

【請求項23】 請求項4から6のいずれかに記載の方法による音源の通過検出をトリガとして前記音源の音を収集する請求項22記載の収音方法。

【請求項24】 請求項1から6または請求項10から18のいずれかに記載の音源の方向推定方法を用いた音源の方向推定装置。

【請求項25】 請求項7から9または請求項19から23のいずれかに記載の収音方法を用いた収音装置。

【請求項26】 請求項24または25記載の装置を用いた交通流検出装置または情報通信端末装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、音源の方向推定方法および収音方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、音源の方向推定方法および収音方法としては、特開平5-114098号公報に記載されたものが知られている。図9は従来の音源の方向推定装置の構成を示している。図9において、交通流に沿って一定距離Lを隔てて第1収音器901および第2収音器902が設置されている。これらにより収音された交通流の騒音A・Bは、それぞれ増幅回路903、904により増幅された後、タイミング制御回路910の制御のもとで切替回路905により交互に切替えられ、周波数分析回路906により順次周波数分析され、周波数スペクトル分布SA・SBが求められる。次いで、周波数分布比較回路907でSAとSBの類似性が検出され、略一致するSAとSBとの時間差が時間差検出回路908により求められる。時間差/速度変換回路909は、 $v = L / d t$ の演算を行って音源の速度vを求め、それを速度表示回路911が表示する。また、算出された時間差から音源の方向を算出することができる。このようにして、従来の方法においても

一応、音源の方向推定および収音を行うことができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の音源の方向推定方法および収音方法では、複数の音源が同時にある場合や所望の音源以外の騒音がある場合には、音源方向の推定精度が劣化するという問題がある。

【0004】

本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、複数の音源が同時にある場合や所望の音源以外の騒音がある場合にも音源の方向を高精度に推定し、また推定した方向をもとに移動音源の通過、移動方向、移動速度、および静止した音源を検出し、さらに、所望の音源の音を収録するための方法およびその装置を提供するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明の音源の方向推定方法は、複数のマイクロホンの入力信号を時間窓を用いて周期的に切出し、それぞれの時間窓において複数の周波数について音源の方向推定値を算出するものであり、音源の方向推定値を複数の時間窓と周波数について得られるので、音源の方向を高精度に推定できることとなる。

【0006】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、これらの音源の方向推定値について、時間窓または周波数の少なくとも一方について平均化することを特徴とするものであり、複数の時間窓と周波数について得られる音源の平均推定方向を算出することにより、音源の方向を高精度に推定できることとなる。

【0007】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、音源の推定方向があらかじめ設定した範囲以外になる場合には、これらの音源の方向推定値を平均から除外するものであり、設定した範囲を外れる方向推定値は除外することにより、音源の方向を高精度に推定できることとなる。

【0008】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間内に所望の方向を音源が通過したかどうかを判定するものであり、音源の方向推定値を用いて音源の通過を判定することにより、音源の通過を判定できることとなる。

【0009】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値のうち、所望の範囲内となる頻度を算出し、頻度が基準値を超えた場合に音源が所望の方向を通過したと判定するものであり、設定した範囲を大きく外れる方向推定値は除外することにより、音源の通過を正確に判定できることとなる。

【0010】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の平均値と分散を算出し、平均値が所望の範囲内であり、かつ分散が基準値以下の場合に音源が所望の方向を通過したと判定するものであり、複数の音源がある場合に生じる誤判定を防止できるとともに、音源の通過を正確に判定できることとなる。

【0011】

また、本発明は、上記した音源の通過判定を行う音源方向推定方法を有し、前記複数のマイクロホンのうちの1つ以上のマイクロホンからの入力信号を記録する収音方法であり、音源通過の検出と並行してその音源の信号を収録することにより、通過が検出された音源の信号を収録できることとなる。

【0012】

また、本発明の収音方法は、上記した収音方法において、音源の通過検出をトリガとして入力信号の記録を行うものであり、音源通過の検出と同期してその音源の信号を収録することにより、通過が検出された音源の信号を収録できることとなる。

【0013】

また、本発明の収音方法は、上記した収音方法において、音源の通過が検出さ

れた時刻前後の入力信号の記録を行う手段を持ち、音源通過の検出と同期してその前後の音源の信号を収録することにより、通過が検出された音源の信号を収録できることとなる。

【0014】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、静止した音源があるかどうかを判定するものであり、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて静止した音源を検出することにより、静止した音源が検出できることとなる。

【0015】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の分散が基準値以下の場合に静止した音源があると判定するものであり、移動している音源は除外することにより、静止した音源が検出できることとなる。

【0016】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値の平均値が所望の範囲内にある場合のみ静止した音源があると判定するものであり、所望の範囲以外の音源は除外することにより、静止した音源が検出できることとなる。

【0017】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、音源の通過検出をトリガとして音源の移動方向を検出する手段を持ち、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて音源の移動方向を検出することにより、音源の移動方向が推定できることとなる。

【0018】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、音源の通過検出の時刻以前の方向および通過検出の時刻以後の方向のいずれか、またはその両方を用いて音源の移動方向を検出するものであり、音源の通過検出時刻前後の音源の方向推定値を用いて音源の移動方向を検出することにより、音源の移動方向が推定できることとなる。

【0019】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、一定の観測時間に算出された音源の方向推定値の平均値を用いて、音源の通過検出の時刻以前の方向または通過検出の時刻以後の方向を算出するものであり、音源の通過検出時刻前後の音源の方向推定値の平均値を用いて音源の移動方向を検出することにより、音源の移動方向が推定できることとなる。

【0020】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、音源の通過検出をトリガとして音源の移動速度を検出するものであり、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて音源の移動速度を検出することにより、音源の移動速度が推定できることとなる。

【0021】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、あらかじめ設定した角度を音源が移動した時間長により音源の移動速度を算出するものであり、その角度を移動するために必要な時間長から音源の移動速度を検出することにより、音源の移動速度が推定できることとなる。

【0022】

また、本発明の音源の方向推定方法は、上記した音源の方向推定方法において、あらかじめ設定した時間長に音源が移動した移動角度により音源の移動速度を算出するものであり、その時間長に移動した角度から音源の移動速度を検出することにより、音源の移動速度が推定できることとなる。

【0023】

また、本発明の収音方法は、上記した音源の方向推定方法により推定した音源の方向に向けて、指向性を持たせて前記音源の音を収集するものであり、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値により指向性受音器の指向方向を変化させることにより、所望の音源の信号を収録できることとなる。

【0024】

また、本発明の収音方法は、前記推定された音源の方向にマイクロホンアレイの指向性を向けるものであり、1組の指向性受音器だけを用いて任意の方向にあ

る所望の音源の信号を収録できることとなる。

【0025】

また、本発明の収音方法は、上記した音源の方向推定方法による音源の通過検出をトリガとして、前記推定音源の方向にマイクロホンアレイの指向性を向けるものであり、1組の指向性受音器だけを用いて任意の方向にある所望の音源の信号を収録できることとなる。

【0026】

また、本発明の収音方法は、上記した収音方法において、あらかじめ1つ以上の所望の方向に指向性を持つマイクロホンアレイを構成しておき、前記推定された音源の方向もしくは音源の方向に最も近い方向に指向性を持つマイクロホンアレイを使用して前記音源の音を収集するものであり、複数の音源がある場合でも所望の音源の信号をそれぞれ収録できることとなる。

【0027】

また、本発明の収音方法は、上記した音源の方向推定方法による音源の通過検出をトリガとして前記音源の音を収集するものであり、複数の音源がある場合でも所望の音源の信号をそれぞれ収録できることとなる。

【0028】

また、本発明は、上記した各方法を用いた音源の方向推定装置または収音装置、または交通流検出装置、または情報通信端末装置であり、音源の方向を高精度に推定し、さらに、推定方向をもとに移動音源の通過、移動方向、移動速度を検出し、また静止した音源を検出し、さらに、所望の音源の音を収録できることとなる。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

(実施の形態1)

図1は本発明の第1の実施の形態を示し、請求項1から3に対応する音源の方向推定方法を実施するための装置の構成を示すものである。図1において、音源101とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ102があり

、マイクロホンの間隔は d である。マイクロホンアレイ 102 の出力は、音源方向推定部 116 の M 個の波形切出し器 103 を経て M 個の周波数分析器 104 に接続されている。周波数分析器 104 から算出される複素振幅行列 105 より相関行列 107 が算出され、これを用いて固有ベクトル算出器 108 により固有ベクトルが算出される。固有ベクトル算出器 108 は、雑音成分行列算出器 109 を経て方向別パワー算出器 110 に接続される。方向別パワー算出器 110 には方向制御ベクトル 106 も接続されている。外れ値除外器 112 には方向別パワー算出器 110 の出力と方向範囲設定器 111 の出力が接続されている。外れ値除外器 112 の出力は、周波数平均器 113 と時間平均器 114 を経て音源方向推定部 116 の出力となり、推定方向 115 が得られる。

【0030】

次に、上記第1の実施の形態の動作について説明する。 M 個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ 102 は等間隔 d で直線上に配置されており、その出力は波形切出し器 103 において、窓長 W の時間窓で周期的に切出される。このとき、時間窓の形状は矩形でも良いが、ハニング窓など時間窓の両端部の振幅が小さいものがさらに良い。窓長 W は小さいと方向推定精度が劣化し、また大きくなるほど急な音源の移動に追従できなくなるため、対象とする音源の移動速度によって最適な窓長 W を選択する必要があるが、例えば距離 $L = 10\text{ m}$ の位置を時速 40 km 程度で移動する音源方向を推定する場合には、時間窓長は 2 ms から 10 ms の範囲が適当である。また、切出し周期は $W/2$ から $2W$ の範囲が適当である。波形切出し器 103 において切出された時間信号に対し、周波数分析器 104 において周波数ごとの複素振幅を算出する。複素振幅の算出方法は、公知の FFT による方法が適当であるが、算出する周波数の数が少ない場合には公知の DFT による方法が適当である。

【0031】

次に、周波数ごとに方向別パワーを算出する。周波数はその波長がマイクロホンアレイの間隔 d の 2 倍に当たる周波数未満であれば高いほど方向推定精度が高くなることから、実用的には波長が $d/10$ 以上 $2d$ 未満の範囲の周波数が適当である。ある周波数について、複素振幅行列 105 を算出し、式 1 のように列ベ

クトルX [m]として表す。

$$X[m] = [x_1, x_2, \dots, x_M]^T \quad (\text{式 } 1)$$

ただし、 x_m ($m = 1 \sim M$) は m 番目のマイクロホン入力信号から算出したその周波数における複素振幅である。また、記号 T は行列 [·] の転置行列を意味する。次に、式 2 により相関行列 107 を算出し、行列 R [m, m] で表す。

$$R[m, m] = X[m] \cdot X[m]^H \quad (m = 1 \sim M) \quad (\text{式 } 2)$$

ただし、記号 H は転置複素共役を意味する。さらに、固有ベクトル算出器 108 では、相関行列 R の固有ベクトル $v_1[m], v_2[m], v_M[m]$ ($m = 1 \sim M$) を算出する。固有ベクトルの算出方法は、行列 R がエルミート行列であるため、公知の Householder 法により 3 重対角行列に変換した後、公知の QL 法により算出できる。雑音成分行列算出器 109 では、K 個の音源がある場合の雑音成分に相当する行列 Rn [m, m] を式 3 のように算出する。

$$R_n[m, m] = v_{K+1}[m] v_{K+1}[m]^H + v_{K+2}[m] v_{K+2}[m]^H + \dots + v_M[m] v_M[m]^H \quad (\text{式 } 3)$$

ただし、音源数 K はマイクロホンの数 M - 1 以下である必要があり、あらかじめ音源数が想定できない場合には K = M - 1 とする。次に、各方向のパワーを算出するため、θ 方向の方向制御ベクトル 106 を算出し、式 4 のように列ベクトル d [m] として表す。

$$d[m] = [1, e^{-j\omega\tau}, e^{-j\omega^2\tau}, \dots, e^{-j\omega^{(M-1)}\tau}]^T \quad (\text{式 } 4)$$

)

ただし、τ は式 5 で定義される。なお、c は音速である。

$$\tau = (d \sin \theta) / c \quad (\text{式 } 5)$$

方向別パワー算出器 110 では、θ 方向のパワー P (θ) を式 6 のように算出する。

$$P(\theta) = 1 / (d[m]^H \cdot R_n[m, m] \cdot d[m]) \quad (\text{式 } 6)$$

式 6 において、θ 方向を -90° から $+90^\circ$ まで変化させてそれぞれの θ における P (θ) を算出することにより、方向別パワーが算出できる。

【0032】

次に、この P (θ) が最大になる θ_{\max} を求める。外れ値除外器 112 では、

θ_{\max} が方向範囲設定器111で設定した範囲以外になる場合にはこれを推定値から除外する。方向範囲設定器111では、音源が存在する範囲があらかじめ分かっている場合にはその範囲を設定しておく。以上の手続きにより、この時間窓におけるこの周波数を用いた音源の推定方向が算出できる。以上の手続きを各周波数について繰り返し、周波数平均器113において平均することにより、この時間窓における音源の推定方向が算出できる。さらに以上の手続きを各時間窓について繰り返し、時間平均器114において平均することにより、音源の推定方向115が算出できる。このように、音源の方向を推定できる。

【0033】

以上のように、本実施の形態1によれば、複数のマイクロホンの入力信号を時間窓を用いて周期的に切出し、それぞれの時間窓において複数の周波数について音源の方向推定値を算出するので、音源の方向推定値を複数の時間窓と周波数について得ることができ、音源の方向を高精度に推定することができる。

【0034】

(実施の形態2)

図2は本発明の第2の実施の形態を示し、請求項4から6に対応する音源の方向推定方法を実施するための装置の構成を示すものである。図2において、音源201とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ202があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ202の出力は、音源方向推定部215のM個の波形切出し器203を経てM個の周波数分析器204に接続されている。周波数分析器204から算出される複素振幅行列205より相関行列206が算出される。方向別パワー算出器208には、相関行列206と方向制御ベクトル207が接続され、その出力は周波数平均器209を経て音源方向推定部215の出力となる。音源方向推定部215の出力である推定方向210は通過検出部216に入力され、範囲内頻度算出器212には方向範囲設定器211と推定方向210が入力され、その出力は通過検出判定器213を経て通過検出結果214として出力される。

【0035】

次に、上記第2の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンに

より構成されるマイクロホンアレイ202は等間隔dで直線上に配置されており、その出力は波形切出し器203において、窓長Wの時間窓で切出される。このとき、時間窓の形状は矩形でも良いが、ハニング窓など時間窓の両端部の振幅が小さいものがさらに良い。窓長Wは小さいと方向推定精度が劣化し、また大きくなるほど急な音源の移動に追従できなくなるため、対象とする音源の移動速度によって最適な窓長Wを選択する必要があるが、例えば距離L=10mの位置を時速40km程度で移動する音源方向を推定する場合には、時間窓長は2msから10msの範囲が適當である。また、切出し周期はW/2から2Wの範囲が適當である。波形切出し器203において切出された時間信号に対し、周波数分析器204において周波数ごとの複素振幅を算出する。複素振幅の算出方法は、公知のFFTによる方法が適當であるが、算出する周波数の数が少ない場合には公知のDFTによる方法が適當である。

【0036】

次に、周波数ごとに方向別パワーを算出する。周波数はその波長がマイクロホンアレイの間隔dの2倍に当たる周波数未満であれば高いほど方向推定精度が高くなることから、実用的には波長がd/10以上2d未満の範囲の周波数が適當である。ある周波数について、複素振幅行列205を算出し、式1のように列ベクトルX[m]として表す。次に、式2により相関行列206を算出し、行列R[m, m]で表す。次に、各方向のパワーを算出するため、θ方向の方向制御ベクトル207を算出し、式4のように列ベクトルd[m]として表す。方向別パワー算出器208では、θ方向のパワーP(θ)を式7のように算出する。

$$P(\theta) = d[m]^H \cdot R[m, m] \cdot d[m] \quad (式7)$$

式7において、θ方向を-90°から+90°まで変化させてそれぞれのθにおけるP(θ)を算出することにより、方向別パワーが算出できる。次に、このP(θ)が最大になるθ_{max}を求める。以上の手続きにより、この時間窓におけるこの周波数を用いた音源の推定方向が算出できる。さらに、以上の手続きを各周波数に関して繰り返し、周波数平均器209において平均することにより、この時間窓における音源の推定方向210が算出できる。

【0037】

このように得られた推定方向 210 を通過検出部 216 の入力とする。範囲内頻度算出器 212 では、連続する N 個の時間窓において、音源の推定方向が方向範囲設定器 211 に設定した範囲となる数 n を算出する。さらに、通過検出器 213 では、 n が基準値を越える場合に、方向範囲設定器 211 に設定した範囲を通過したとみなす。時間窓数 N および基準値の値は対象とする音源の移動速度や距離 L によって異なり、最適な値を選択する必要があるが、例えば距離 $L = 10$ mの位置を時速 40 km 程度で移動する音源方向を推定する場合には、時間窓数 $N = 10 \sim 40$ 、基準値は $5 \sim 10$ 程度が適当である。このように、音源の通過を検出できる。

【0038】

以上のように、本実施の形態2によれば、複数のマイクロホンの入力信号を時間窓を用いて周期的に切出し、それぞれの時間窓において複数の周波数について音源の方向推定値を算出するとともに、一定の観測時間内に所望の方向を音源が通過したかどうかを判定するので、音源の方向を高精度に推定できるとともに、その音源の方向推定値を用いて音源の通過を判定することにより、音源の通過を判定することができる。

【0039】

なお、本実施の形態2では、音源方向推定部 215 として固有ベクトルの算出を行わない方式としたが、実施の形態1で述べた固有ベクトルの算出を行う方式でもよい。また、本実施の形態2では、音源方向推定部 215 において音源の推定方向の時間窓に関する平均化は行わなかったが、実施の形態1で述べたように複数の時間窓で音源の推定方向を算出した後に平均化を行ってもよい。

【0040】

(実施の形態3)

図3は本発明の第3の実施の形態を示し、請求項7から9に対応する収音方法を実施するための装置の構成を示すものである。図3において、音源 301 と M 個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ 302 があり、マイクロホンの間隔は d である。マイクロホンアレイ 302 の出力は、実施の形態1または実施の形態2に記載した音源方向推定部と同様な構成の音源方向推定部 303

に入力され、その出力は推定方向304であり、これは実施の形態2に記載の通過検出部と同様な構成の通過検出部305に入力される。通過検出部305の出力の通過検出結果306はデータ切出し器308への入力となる。一方、マイクロホンアレイ302のマイク1の信号は、バッファ307を経てデータ切出し器308への入力となり、データ切出し器308の出力は記録器309に入力される。

【0041】

次に、上記第3の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ302は等間隔dで直線上に配置されており、その出力は音源方向推定部303に入力される。ここでは、実施の形態1の音源方向推定部116または実施の形態2の音源方向推定部215と同様に処理され、その出力として音源の推定方向304が得られる。音源の推定方向304は通過検出部305に入力され、実施の形態2の通過検出部216と同様に処理され、その出力として通過検出結果306が出力される。また、マイクロホンアレイ302のうち、マイク1の信号はバッファ307にも入力され、ここで一定時間分データが蓄積される。データ切出し器308では、通過検出結果306を参照し、車両の通過が検出された場合には、その前後のデータをバッファ307から切出し、記録器309に記録する。このようにして所望の音源が収音できる。

【0042】

以上のように、本実施の形態3によれば、実施の形態2と同様に、音源の方向推定と音源の通過判定を行うとともに、複数のマイクロホンのうちの1つ以上のマイクロホンからの入力信号を記録するので、音源通過の検出と並行してその音源の信号を収録することができる。

【0043】

なお、本実施の形態3では、収録用のマイクとしてマイクロホンアレイ302のマイク1を用いたが、その外のマイクを用いてもよく、さらにマイクロホンアレイ302で用いたマイク以外のマイクを用いてもよい。

【0044】

(実施の形態4)

図4は本発明の第4の実施の形態を示し、請求項10から12に対応する音源の方向推定方法を実施するための装置の構成を示すものである。図4において、音源401とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ402があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ402の出力は、実施の形態1または実施の形態2に記載した音源方向推定部と同様な構成の音源方向推定部403に入力され、その出力は推定方向404であり、これは静止音源検出部408に入力される。静止音源検出部408では、推定方向404は移動平均算出器405と分散算出器406への入力となり、それぞれの出力は静止音源検出器407への入力となる。静止音源検出器407の出力は静止音源検出結果409である。

【0045】

次に、上記第4の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ402は、等間隔dで直線上に配置されており、その出力は音源方向推定部403に入力される。ここでは、実施の形態1の音源方向推定部116または実施の形態2の音源方向推定部215と同様に処理され、その出力として音源の推定方向404が得られ、静止音源検出部408に入力される。静止音源検出部408において、移動平均算出器405では、音源の推定方向の移動平均値が算出される。また、分散算出器406では、音源の推定方向の分散が算出される。静止音源検出器407では、分散算出器406で算出した分散が基準値以下の場合に音源が静止していると判定する。さらに、移動平均算出器405の移動平均値があらかじめ想定した音源の存在範囲を超える場合は除外する。以上の結果、静止音源検出結果409が出力される。このようにして静止音源を検出できる。

【0046】

以上のように、本実施の形態4によれば、実施の形態1または2と同様にして音源の方向推定を行うとともに、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて静止した音源を検出することにより、静止した音源が検出することができる。

【0047】

(実施の形態5)

図5は本発明の第5の実施の形態を示し、請求項13から15に対応する音源の方向推定方法を実施するための装置の構成を示すものである。図5において、音源501とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ502があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ502の出力は、実施の形態1または2に記載の音源方向推定部と同様な構成の音源方向推定部503に入力され、その出力は推定方向504である。推定方向504は、実施の形態2に記載した通過検出部と同様な構成の通過検出部510と、移動方向検出部509に入力される。移動方向検出部509では、推定方向504は推定方向バッファ505への入力となり、その出力は通過前方向算出器506と通過後方向算出器507に入力され、それらの出力は移動方向検出器508に入力される。一方、通過検出部510の出力は通過検出結果511であり、その出力は移動方向検出器508に入力され、さらにその出力は移動方向検出結果512となる。

【0048】

次に、上記第5の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ502は等間隔dで直線上に配置されており、その出力は音源方向推定部503に入力される。ここでは実施の形態1または実施の形態2の音源方向推定部と同様にして処理され、その出力として音源の推定方向504が得られる。音源の推定方向504は移動方向検出部509と通過検出部510に入力される。通過検出部510では実施の形態2の通過検出部216と同様にして処理され、その出力は通過検出結果511である。移動方向検出部509では、推定方向504は推定方向バッファ505に蓄積される。移動方向検出器508は、通過検出結果511により車両が検出された時刻より前の方向 θ_{before} を通過前方向算出器506から入力し、また車両が検出された時刻より後の方向 θ_{after} を通過後方向算出器507から入力し、両者を比較して $\theta_{before} > \theta_{after}$ の場合には音源の移動方向は θ の負の方向であり、 $\theta_{before} < \theta_{after}$ の場合には θ の正の方向であると判定し、移動方向検出結果512として出力する。なお、通過前方向算出器506と通過後方向算出器507では、ある時間窓長にわたり通過検出結果511の平均値を算出することにより θ_{before} と

θ_{after} をそれぞれ算出する。このようにして音源の移動方向を検出できる。

【0049】

以上のように、本実施の形態5によれば、実施の形態2と同様に、音源の方向推定と音源の通過判定を行うとともに、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて音源の移動方向を検出することにより、音源の移動方向を推定することができる。

【0050】

(実施の形態6)

図6は本発明の第6の実施の形態を示し、請求項16から18に対応する音源の方向推定方法を実施するための装置の構成を示すものである。図6において、音源601とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ602があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ602の出力は、実施の形態1または実施の形態2に記載した音源方向推定と同様な構成の音源方向推定部603に入力され、その出力は推定方向604である。推定方向604は、実施の形態2に記載した通過検出部と同様な構成の通過検出部610と、移動速度検出部609に入力される。通過検出部610の出力は通過検出結果611であり、その出力は移動時間算出器606に接続されている。移動速度検出部609では、推定方向604は推定方向バッファ605への入力となる。推定方向バッファ605の出力と設定移動角度607と通過検出結果611は移動時間算出器606に入力され、その出力は移動速度検出器608を経て移動速度検出結果612となる。

【0051】

次に、上記第6の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ602は等間隔dで直線上に配置されており、その出力は音源方向推定部603に入力される。ここでは実施の形態1の音源方向推定部116または実施の形態2の音源方向推定部215と同様にして処理され、その出力として音源の推定方向604が得られる。音源の推定方向604は移動速度検出部609と通過検出部610に入力される。通過検出部510では実施の形態2の通過検出部216と同様にして処理され、その出力は通過検出

結果611である。移動速度検出部609では、推定方向604は推定方向バッファ605に蓄積される。移動時間検出器606は、通過検出結果611において音源の通過が検出されると、推定方向バッファ605に蓄積された推定方向604が、Ωで表される設定移動角度607を移動するのに要した時間長Tを算出する。移動速度算出器608では、式8により移動角速度ωとして算出する。

$$\omega = \Omega / T \quad (\text{式 } 8)$$

さらに、マイクロホンアレイ602と音源601との距離Lが既知の場合には、式9により音源の移動速度Vが算出できる。

$$V = L \tan(\omega) \quad (\text{式 } 9)$$

この結果、移動速度検出結果612が算出される。このように音源の移動速度を検出できる。

【0052】

以上のように、本実施の形態6によれば、実施の形態2と同様に、音源の方向推定と音源の通過判定を行うとともに、一定の観測時間内に算出された音源の方向推定値を用いて音源の移動速度を検出することにより、音源の移動速度を推定することができる。

【0053】

(実施の形態7)

図7は本発明の第7の実施の形態を示し、請求項19から21に対応する収音方法を実施するための装置の構成を示すものである。図7において、音源701とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ702があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ702の出力は、実施の形態1または実施の形態2に記載の音源方向推定部と同様な構成の音源方向推定部708と、指向性制御部705に入力される。指向性制御部705では、マイクロホンアレイ702の出力はM個の遅延器703に入力され、その出力は加算器705に入力され、出力707となる。音源方向推定部708の出力は推定方向709であり、その出力は実施の形態2に記載の通過検出部と同様な構成の通過検出部710を経て通過検出結果711が出力される。方向制御器704は推定方向709と通過検出結果711をもとに遅延器703を制御する。

【0054】

次に、上記第7の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ702は等間隔dで直線上に配置されており、その出力は音源方向推定部708と指向性制御部706に入力される。音源方向推定部708では、実施の形態1の音源方向推定部116または実施の形態2の音源方向推定部215と同様にして処理され、その出力として音源の推定方向709が得られる。音源の推定方向709は、通過検出部710に入力される。通過検出部710では、実施の形態2の通過検出部216と同様にして処理され、その出力は通過検出結果711である。

【0055】

指向性制御部706では、推定方向709と通過検出結果711をもとに方向制御器704がM個の遅延器703の遅延特性を以下の方法で変化させる。通過検出結果711により音源の通過が検出された時の推定方向709がθsであるとき、方向制御器704は式10で表されるベクトルd[m] (m=1, 2, ..., M)を算出する。

$$d[m] = [1, e^{-j\omega\tau}, e^{-j\omega^2\tau}, \dots, e^{-j\omega^{(M-1)}\tau}]^T \quad (\text{式10})$$

ただし、τは式11で定義される。なお、cは音速である。

$$\tau = (ds\sin\theta s)/c \quad (\text{式11})$$

ベクトルd[m]の各要素をM個の遅延器703にそれぞれ設定する。このように遅延を設定することにより、遅延器703の各要素はθs方向からの音源信号について同位相となり、加算器705において加算されると、その出力707はθs方向に指向性を持つことになり、通過検出結果711において検出された音源方向の信号が収音できる。このようにして、所望の音源の音を収音できる。

【0056】

以上のように、本実施の形態7によれば、実施の形態2と同様に、音源の方向推定と音源の通過判定を行うとともに、音源の通過検出をトリガとして音源の方向にマイクロホンアレイの指向性を向けることにより、1組の指向性受音器だけを用いて任意の方向にある所望の音源の信号を収録することができる。

【0057】

(実施の形態8)

図8は本発明の第8の実施の形態を示し、請求項22および23に対応する収音方法を実施するための装置の構成を示すものである。図8において、音源801と音源802とM個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ803があり、マイクロホンの間隔はdである。マイクロホンアレイ803の出力は、実施の形態1または実施の形態2に記載の音源方向推定部と同様な構成の音源方向推定部818と、指向性制御部807と811に入力される。指向性制御部807では、マイクロホンアレイ803の出力は、方向制御器804により制御されるM個の遅延器805に入力され、その出力は加算器806に入力され、出力812となり、さらにバッファ813に蓄積される。指向性制御部811では、マイクロホンアレイ803の出力は、方向制御器808により制御されるM個の遅延器809に入力され、その出力は加算器810に入力され、出力815となり、さらにバッファ816に蓄積される。音源方向推定部819の出力は推定方向820であり、その出力は実施の形態2に記載した通過検出部と同様な構成の通過検出部821を経て通過検出結果822が出力される。データ切出し器814は通過検出結果822をもとにバッファ813の情報から出力818を出力する。データ切出し器817は通過検出結果822をもとにバッファ816の情報から出力818を出力する。

【0058】

次に、上記第8の実施の形態の動作について説明する。M個のマイクロホンにより構成されるマイクロホンアレイ803は等間隔dで直線上に配置されている。その出力は音源方向推定部819と指向性制御部807と811に入力される。音源方向推定部819では、実施の形態1の音源方向推定部116または実施の形態2の音源方向推定部215と同様にして処理され、その出力として音源の推定方向820が得られる。音源の推定方向820は、通過検出部821に入力される。通過検出部821では、実施の形態2の通過検出部216と同様に処理され、その出力は通過検出結果822である。

【0059】

指向性制御部807には、指向軸方向θ1が割り当てられており、方向制御器804はM個の遅延器805の遅延特性を以下の方法で設定する。式11において、 $\theta_s = \theta_1$ とした場合の τ を用いて式10を算出し、その結果得られるベクトルd [m] ($m = 1, 2, \dots, M$) の各要素をM個の遅延器805にそれぞれ設定する。このように遅延を設定することにより、遅延器805の各要素はθ1方向からの音源信号について同位相となり、加算器806において加算されると、その出力812はθ1方向に指向性を持つことになる。他方の指向性制御部811には、指向軸方向θ2が割り当てられており、方向制御器808はM個の遅延器809の遅延特性を以下の方法で設定する。式11において、 $\theta_s = \theta_2$ とした場合の τ を用いて式10を算出し、その結果得られるベクトルd [m] ($m = 1, 2, \dots, M$) の各要素をM個の遅延器809にそれぞれ設定する。このように遅延を設定することにより、遅延器809の各要素はθ2方向からの音源信号について同位相となり、加算器810において加算されると、その出力815はθ2方向に指向性を持つことになる。

【0060】

指向性制御部807と811の出力812と815はそれぞれバッファ813と816に蓄積される。データ切出し器814では、通過検出結果822により音源の通過が検出された時の推定方向820が、指向性制御部807のカバーエリアである場合にはバッファ813の信号を切出し、出力818とする。データ切出し器817では、通過検出結果822により音源の通過が検出された時の推定方向820が、指向性制御部811のカバーエリアである場合にはバッファ816の信号を切出し、出力818とする。

【0061】

以上のように、本実施の形態8によれば、実施の形態2と同様に、音源の方向推定と音源の通過判定を行うとともに、あらかじめ1つ以上の所望の方向に指向性を持つマイクロホンアレイを構成しておき、実施の形態1または2記載の方法により検出された音源の方向もしくは音源の方向に最も近い方向に指向性を持つマイクロホンアレイを使用し、音源の通過検出をトリガとして音源方向の音を収音することにより、複数の音源がある場合でも所望の音源の信号をそれぞれ収録

することができる。

【0062】

なお、本実施の形態8では指向性制御部が2つの場合を説明したが、音源が3つ以上ある場合には、指向性制御部を3つ以上設けることができる。このように、複数の指向性制御部を設けることにより、複数の音源がある場合でもそれぞれの音源を別々に収音できる。また、音源の移動速度が速い場合でも、本実施の形態8のように、指向軸方向を固定した指向性制御部を複数用意し、その出力のみを切替えることにより、音源の移動に対する追従性を高めることができる。このようにして、所望の音源の音を収音することができる。

【0063】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の音源の方向推定方法および収音方法は、複数のマイクロホンの入力信号を周期的に切り出し、それぞれの時間窓において複数の周波数について音源の方向推定値を算出し、その音源の方向推定値のうち、あらかじめ設定した範囲以内のものについて、時間窓および周波数のいずれか、または両方について平均することにより音源の方向を推定するものであり、複数の音源が同時にある場合や所望の音源以外の騒音がある場合にも方向の推定精度を劣化させることなく、また推定された方向をもとに移動音源の通過、移動方向、移動速度および静止した音源を検出することができ、さらに所望の音源の音を収録することができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態における音源方向推定装置の概略ブロック図

【図2】

本発明の第2の実施の形態における音源方向推定装置の概略ブロック図

【図3】

本発明の第3の実施の形態における収音装置の概略ブロック図

【図4】

本発明の第4の実施の形態における音源方向推定装置の概略ブロック図

【図5】

本発明の第5の実施の形態における音源方向推定装置の概略ブロック図

【図6】

本発明の第6の実施の形態における音源方向推定装置の概略ブロック図

【図7】

本発明の第7の実施の形態における収音装置の概略ブロック図

【図8】

本発明の第8の実施の形態における収音装置の概略ブロック図

【図9】

従来の音源方向推定装置の概略ブロック図

【符号の説明】

- 101 音源
- 102 マイクロホンアレイ
- 103 波形切出し器
- 104 周波数分析器
- 105 複素振幅行列
- 106 方向制御ベクトル
- 107 相関行列
- 108 固有ベクトル算出器
- 109 雑音成分行列算出器
- 110 方向別パワー算出器
- 111 方向範囲設定器
- 112 外れ値除外器
- 113 時間平均器
- 114 周波数平均器
- 115 推定方向
- 116 音源方向推定部
- 201 音源
- 202 マイクロホンアレイ

- 203 波形切出し器
- 204 周波数分析器
- 205 複素振幅行列
- 206 相関行列
- 207 方向制御ベクトル
- 208 方向別パワー算出器
- 209 周波数平均器
- 210 推定方向
- 211 方向範囲設定器
- 212 範囲内頻度算出器
- 213 通過検出器
- 214 通過検出結果
- 215 音源方向推定部
- 216 通過検出部
- 301 音源
- 302 マイクロホンアレイ
- 303 音源方向推定部
- 304 推定方向
- 305 通過検出部
- 306 通過検出結果
- 307 バッファ
- 308 データ切出し器
- 309 記録器
- 401 音源
- 402 マイクロホンアレイ
- 403 音源方向推定部
- 404 推定方向
- 405 移動平均算出器
- 406 分散算出器

- 407 静止音源検出器
- 408 静止音源検出部
- 409 静止音源検出結果
- 501 音源
- 502 マイクロホンアレイ
- 503 音源方向推定部
- 504 推定方向
- 505 推定方向バッファ
- 506 通過前方向算出器
- 507 通過後方向算出器
- 508 移動方向検出器
- 509 移動方向検出部
- 510 通過検出部
- 511 通過検出結果
- 512 移動方向検出結果
- 601 音源
- 602 マイクロホンアレイ
- 603 音源方向推定部
- 604 推定方向
- 605 推定方向バッファ
- 606 移動時間算出器
- 607 設定移動角度
- 608 移動速度算出器
- 609 移動方速度検出部
- 610 通過検出部
- 611 通過検出結果
- 612 移動速度検出結果
- 701 音源
- 702 マイクロホンアレイ

- 703 遅延器
- 704 方向制御器
- 705 加算器
- 706 指向性制御部
- 707 出力
- 708 音源方向推定部
- 709 推定方向
- 710 通過検出部
- 711 通過検出結果
- 801 音源
- 802 音源
- 803 マイクロホンアレイ
- 804 方向制御器
- 805 遅延器
- 806 加算器
- 807 指向性制御部
- 808 方向制御器
- 809 遅延器
- 810 加算器
- 811 指向性制御部
- 812 θ1 方向信号出力
- 813 バッファ
- 814 データ切出し器
- 815 θ2 方向信号出力
- 816 バッファ
- 817 データ切出し器
- 818 出力
- 819 音源方向推定部
- 820 推定方向

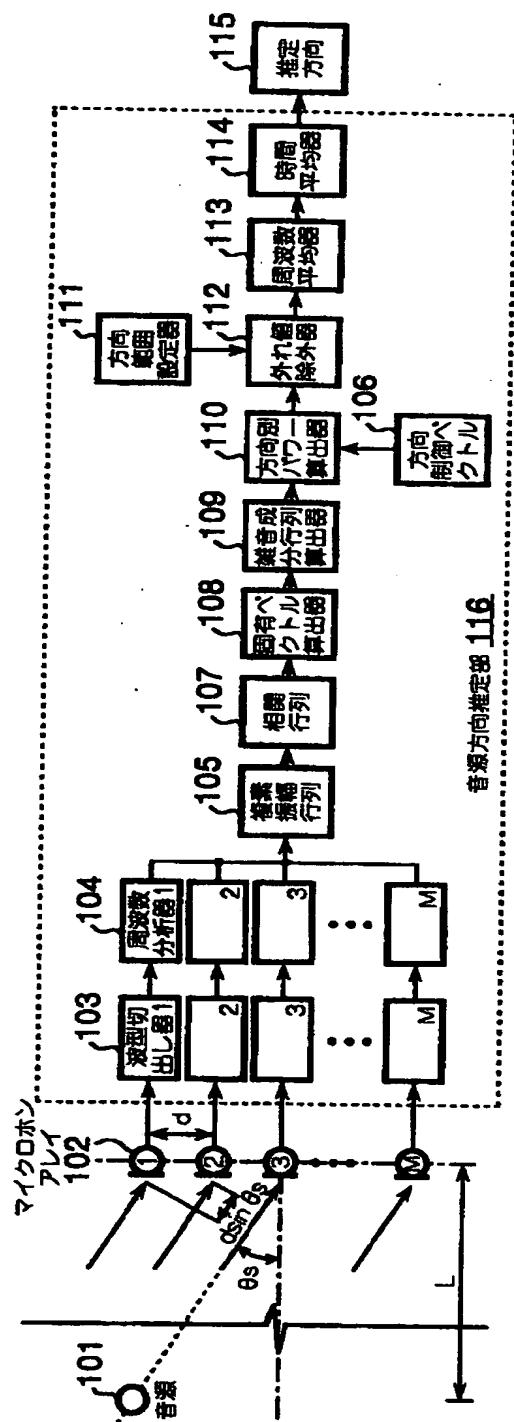
特平11-354182

821 通過検出部

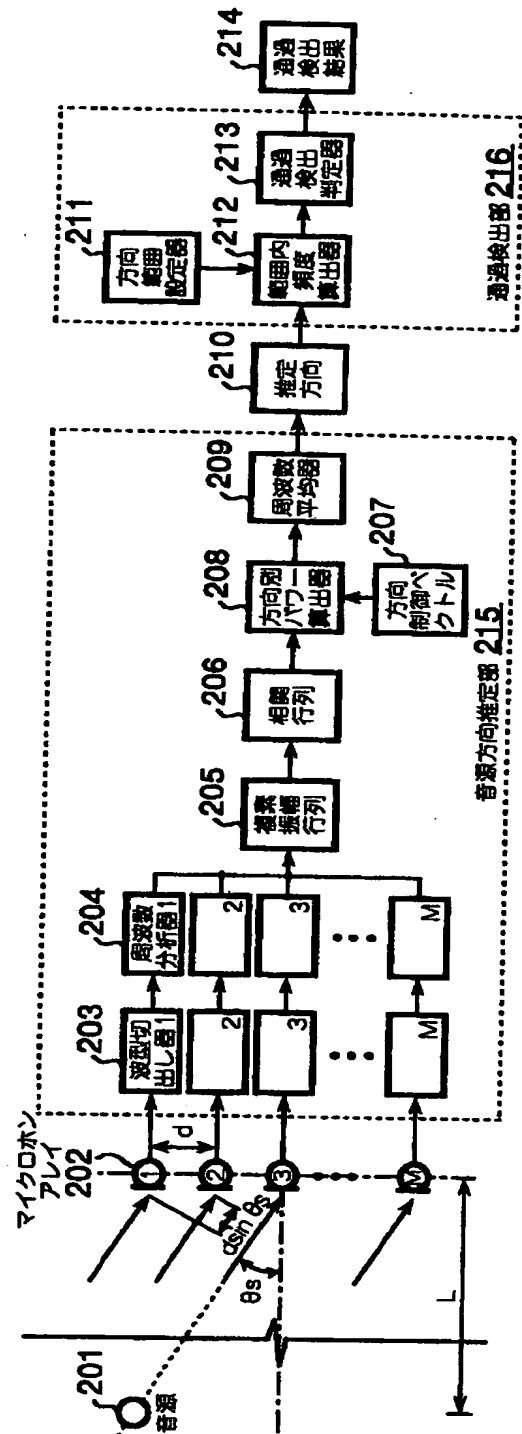
822 通過検出結果

【書類名】図面

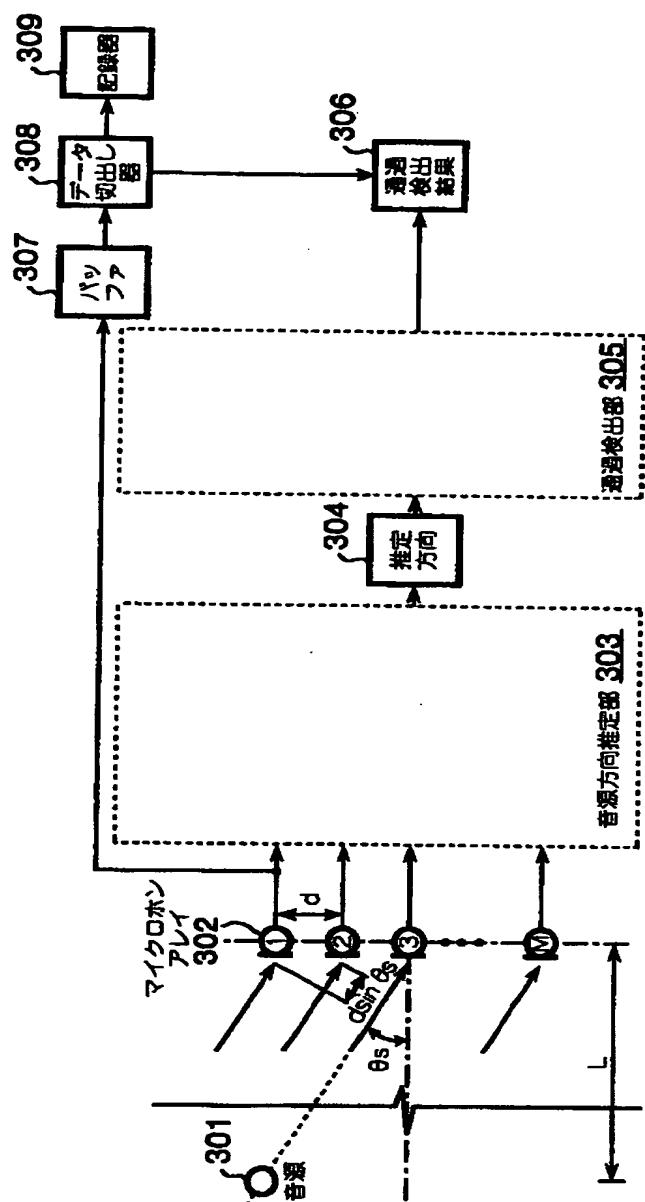
【図1】



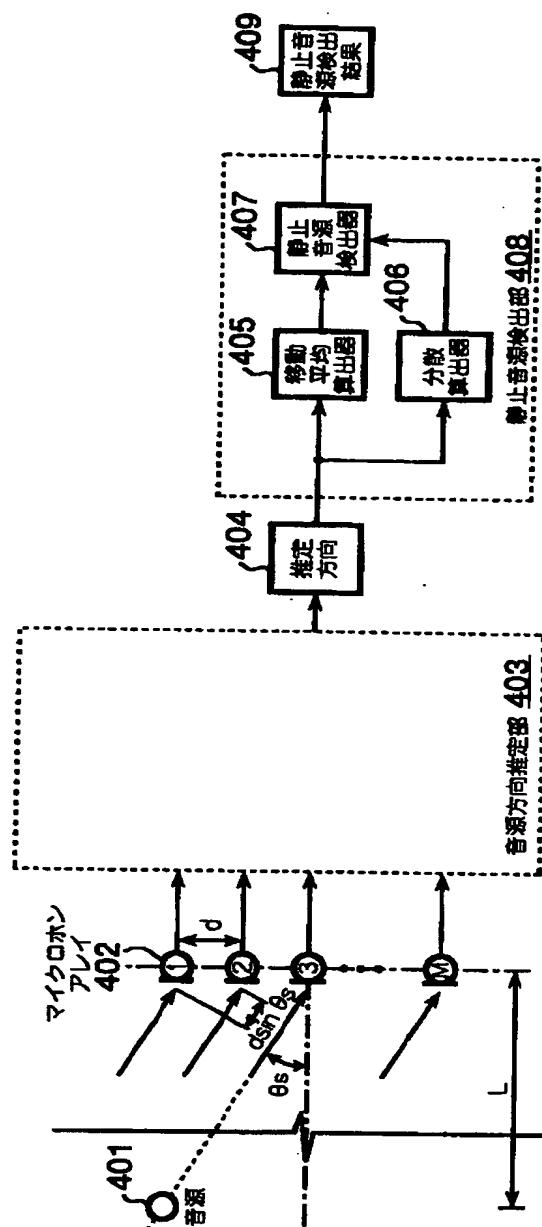
【図2】



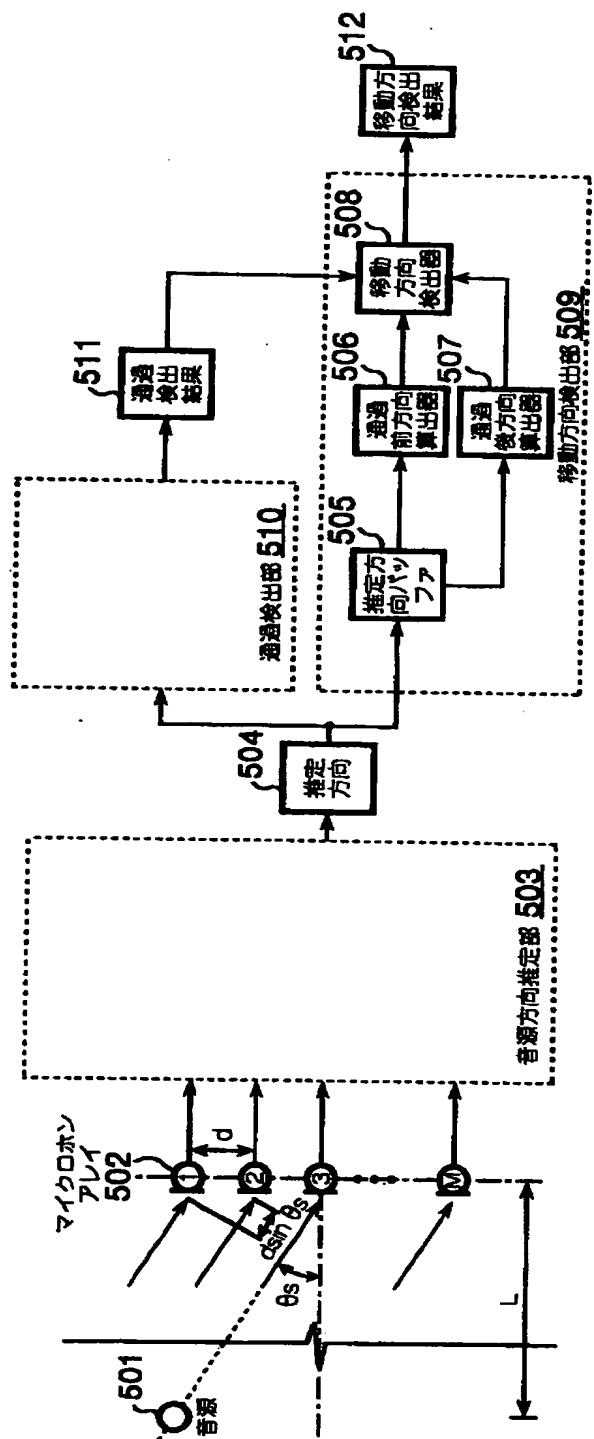
【図3】



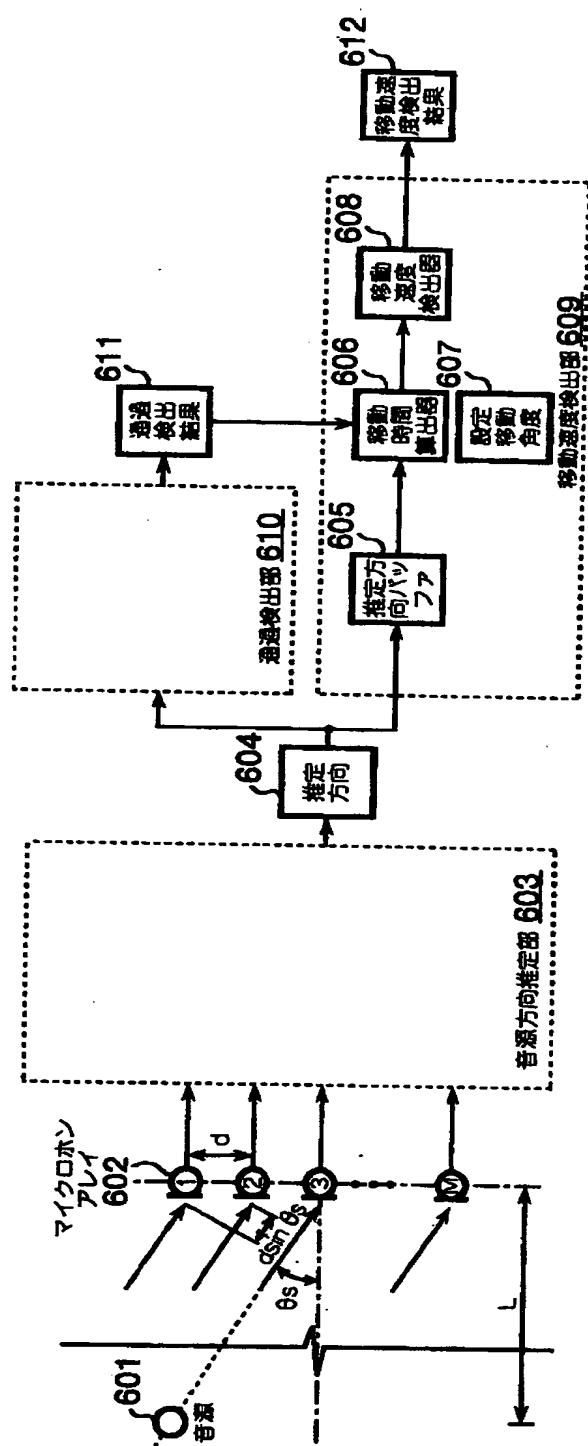
【図4】



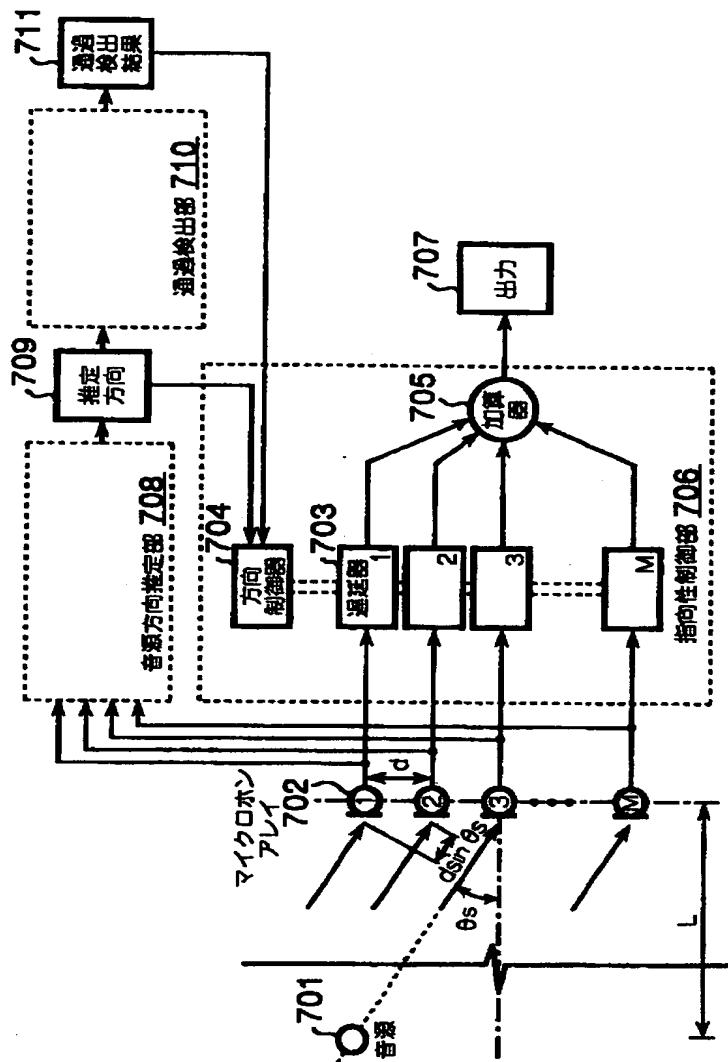
【図5】



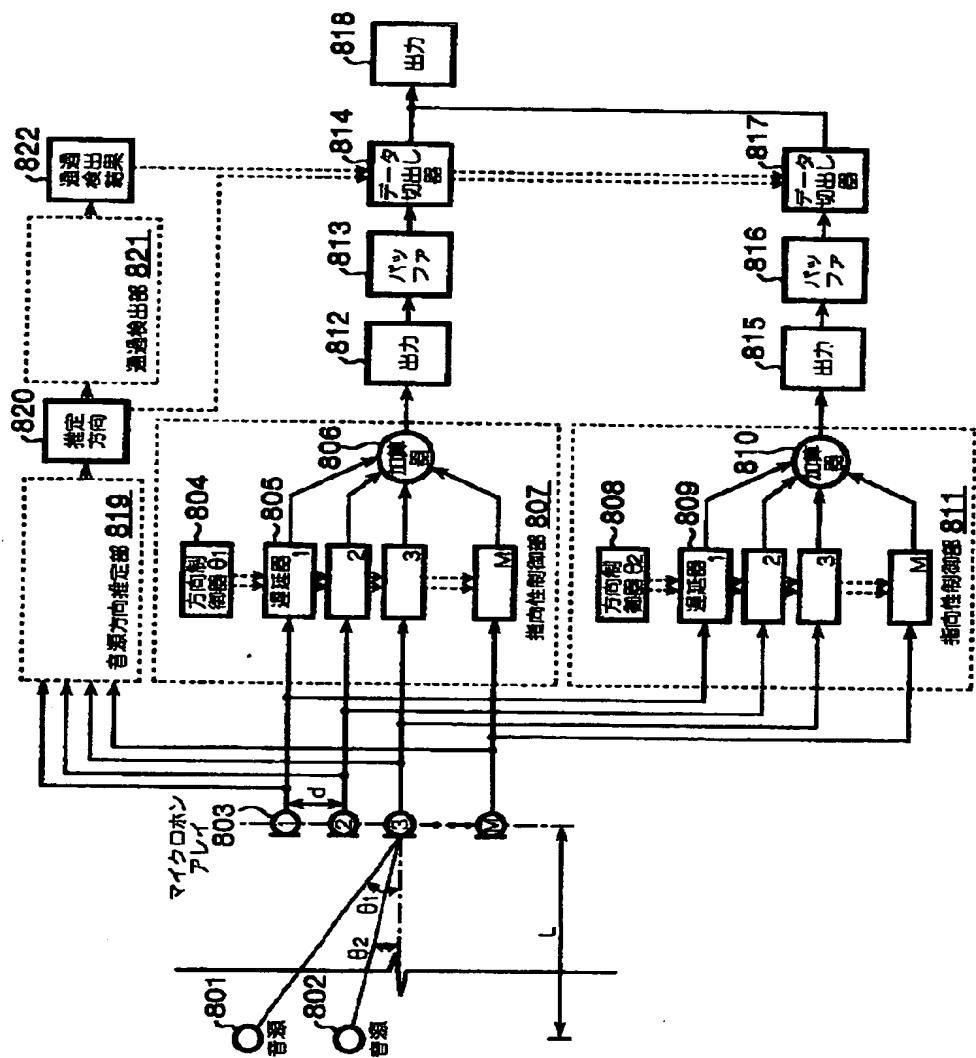
【図6】



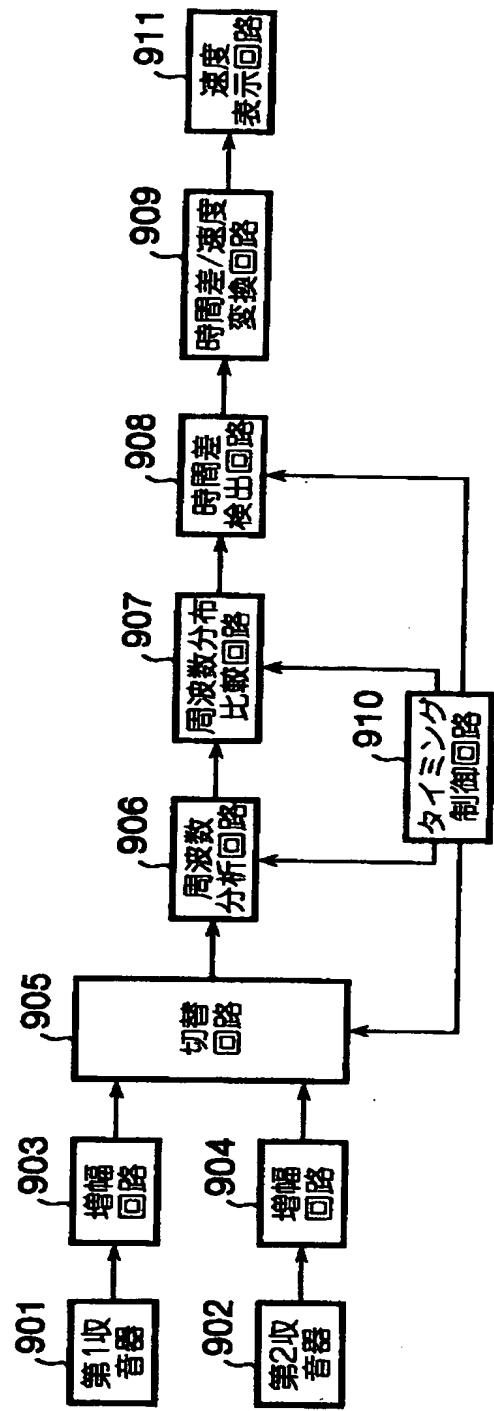
【図7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の音源以外の音源により受ける妨害を小さくし、所望の音源の方向、速度、移動方向を高精度に推定し、収音時のS/N比を向上させる。

【解決手段】 マイクロホンアレイの出力信号を、ある時間窓を用いて周期的に切り出し、周波数分析を行い、ある周波数における複素振幅行列を算出する。また、マイクロホンアレイからの見かけの方向 θ に対応する方向制御ベクトルを用いて相関行列を算出し、固有ベクトルを算出し、さらに雑音成分に相当する行列を算出し、方向制御ベクトルを用いて各 θ 方向のパワーを算出し、得られた方向別パワーの推定値が最大となる θ を音源の推定方向とする。以上の手続きを各周波数について繰り返し、時間窓および周波数のいずれか、または両方について平均することにより、音源の方向を推定する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社